

联合火力打击中攻击机及时出动概率分析

阳曙光¹, 欧阳才超², 李为民¹

(1. 空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800; 2. 解放军炮兵学院, 安徽 合肥 230133)

摘要: 对时敏目标的打击中, 攻击机及时出动概率很大程度上决定了其任务完成概率。首先, 给出了攻击机“及时出动”的含义, 推导了其统计概率计算公式; 然后, 简要分析了协同式和一体化联合火力打击中攻击机的出动过程, 得到了其出动时间的期望值和最大值; 最后, 基于攻击机出动时间与打击窗口的关系, 计算了多种情况下攻击机及时出动的概率。研究结果对于攻击机遂行时敏目标打击任务具有一定的指导意义。

关键词: 联合火力打击; 时敏目标; 攻击机; 概率

中图分类号: V271.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2008)02-0022-05

联合火力打击已经成为贯穿现代战争始终的主要作战样式, 也是军事战略的首选手段。时间敏感目标是联合火力打击的一类重要目标, 通常指那些对己方部分造成(或很快将造成)危害而需要立即打击的目标, 或者是那些打击窗口非常短暂的临时目标^[1]。在各种火力打击力量中, 攻击机作战准备时间相对较短、对目标信息的依赖度相对较低, 因此, 打击时敏目标的任务通常由攻击机遂行^[2]。此时, 攻击机及时出动对其顺利遂行打击任务起着关键性影响。

目前, 攻击机及时出动概率的分析, 通常将目标侦察、攻击机飞行准备以及飞临预定攻击线等3个环节作为串联过程予以考虑。在联合火力打击中, 攻击机及时出动与否的影响因素更多, 其完成任务过程也更为复杂多样。因此, 深入分析联合火力打击中, 攻击机及时出动的概率具有十分重要的意义; 而目前尚未发现这方面的研究成果见诸公开文献。

1 攻击机“及时出动”的含义及其概率

1.1 攻击机“及时出动”的含义

在深入讨论此问题前, 首先要搞清楚什么叫攻击机“及时出动”。从字面含义来看, 攻击机及时出动就是指攻击机接到任务命令之后, 完成飞行前准备工作并起飞。但是, 攻击机顺利遂行攻击任务, 除了飞行准备和起飞之外, 还包括了目标侦察监视、情报处理和分发、指挥决策和命令传达、攻击机飞向预定攻击线等环节, 并且这些环节可能是串联关系, 也可能存在并联关系。因此, 实际上, 攻击机“及时出动”是指攻击机在目标打击窗口关闭之前到达预定攻击线^[3]。需要说明的是, 此定义不包含攻击机到达预定攻击线之后搜索定位目标, 投射弹药及弹药飞行时间。根据攻击机及时出动的含义, 假定 t_{cd} 为侦察监视系统发现目标至攻击机进入预定目标攻击线所需时间, t_{ck} 表示目标打击窗口的时间长度, 此时可用时间来描述“及时出动”的含义: $t_{cd} \leq t_{ck}$ 。

t_{ck} 实际上是一个随机数, 其值的变化可从0至无穷大。如果侦察监视系统搜索到目标, 但目标迅速对己方造成了危害, 或者马上通过机动、伪装、隐蔽和欺骗技术, 使己方侦察监视系统难以再次探测和发现, 则 t_{ck} 为0; 如果目标可供己方探测、发现和实施攻击的时间很长, 大大超过了攻击机遂行攻击任务所需的时间, 则 t_{ck} 可认为是无穷大。

收稿日期: 2007-09-27

基金项目: 国家“863”计划资助项目(2006AAXX102)

作者简介: 阳曙光(1979-), 男, 湖南双峰人, 博士生, 主要从事作战运筹分析研究. E-mail: ouyang7922@126.com

1.2 攻击机及时出动的概率

根据上文分析可认为 $t_{ck} \in [0, \infty]$, 令 t_{ck} 表示目标打击窗口的平均时间长度, 则 t_{ck} 分布密度 $f_{ck}(t_{ck})$ 可以表示为指数函数: $f_{ck}(t_{ck}) = \frac{1}{t_{ck}} e^{-t_{ck}/t_{ck}}$, 而攻击机及时出动的条件可描述为 $t_{cd} \leq t_{ck}$ 。因此, 攻击机及时出动概率为^[3]

$$\begin{aligned} P_{cd} &= P(t_{cd} \leq t_{ck}) = \int_0^{\infty} f_{ck}(t_{ck}) P(0 \leq t_{cd} \leq t_{ck}) dt_{ck} = \\ P(t_{ck} \geq t_{cd}) &= \int_0^{\infty} f_{cd}(t_{cd}) P(t_{cd} \leq t_{ck} \leq \infty) dt_{cd} \end{aligned} \quad (1)$$

因此,

$$\begin{aligned} P_{cd} &= \int_0^{\infty} \frac{1}{t_{ck}} e^{-t_{cd}/t_{ck}} \left[\int_{t_{cd}}^{\infty} \frac{1}{t_{ck}} e^{-t_{ck}/t_{ck}} dt_{ck} \right] dt_{cd} = \int_{t_{cd}}^{\infty} \frac{1}{t_{cd}} e^{-t_{cd}/t_{cd}} [e^{-t_{ck}/t_{ck}}] t_{cd} = \\ \frac{1}{t_{ck}} \int_0^{\infty} e^{-(\frac{1}{t_{cd}} + \frac{1}{t_{ck}})t_{cd}} dt_{cd} &= \frac{1}{t_{cd}} \frac{1}{\frac{1}{t_{cd}} + \frac{1}{t_{ck}}} = \frac{t_{ck}}{t_{cd} + t_{ck}} \end{aligned}$$

$$\text{进一步整理得到: } P_{cd} = \frac{1}{1 + \frac{t_{cd}}{t_{ck}}} \quad (2)$$

2 联合火力打击中攻击机出动过程及出动时间

2.1 联合火力打击中攻击机出动过程分析

为了具体计算联合火力打击中攻击机及时出动的概率, 必须进一步分析出动时间 t_{cd} 由哪些部分组成以及它们之间的联系。由于联合作战可分为协同性联合作战和一体化联合作战, 因此, 本文也分别讨论协同性联合火力打击和一体化联合火力打击中攻击机出动过程^[4-5]。由于篇幅所限, 本文只具体针对联合火力打击中空军航空兵展开讨论。

某次联合作战中, 蓝方装甲部队由 T 市增援 X 市, 被红方侦察监视系统^[6]发现, 情报传达到战区联合火力协调中心。战区联合火力协调中心将打击任务下达给战区空军司令部, 而战区空军司令部命令某地域合成作战指挥所选择攻击机实施火力打击。

协同性联合火力打击中, 侦察监视系统、战区情报处理中心、战区联合火力协调中心、战区空军司令部和空军地域合成指挥所逐级建立双向通信; 攻击机编队起飞后, 机载预警和控制系统 AWACS (Airborne Warning and Control System) 负责引导攻击机。侦察监视系统发现目标并进行情报处理后, 战区联合火力协调中心进行火力协调, 决定由空军航空兵遂行打击任务, 并将目标信息与指控信息传送给战区空军司令部。战区空军司令部同样进行指挥决策, 决定由下属的某一个地域合成指挥所调度和指挥攻击机遂行任务。然后, 地域合成指挥所很快选定遂行任务的攻击机(组)。攻击机进行飞行准备, 然后滑行和起飞; 根据目标信息选择预定攻击线, 向攻击线飞行。在飞行过程中, 目标信息以一定周期逐级传送, 目标信息通常存在较大的延迟, 可能影响预定攻击线的及时更新, 延长了飞行时间^[7]。

一体化联合火力打击中, 除了侦察监视系统、战区情报处理中心、战区联合火力协调中心依次建立双向通信之外, 战区联合火力协调中心与空军地域合成指挥所和 AWACS 都建立直接通信。同样, 在侦察监视系统发现目标并进行情报处理后, 战区联合火力协调中心决定由空军航空兵遂行打击任务; 但是, 对攻击机的要求被同时发送到战区内各空军地域合成指挥所。在战区空军司令部进行决策的同时, 各地域合成作战指挥所选择攻击机, 并进行作战准备。当战区空军司令部将指控命令下达到选定的地域合成指挥所时, 如果攻击机已经完成飞行准备, 则可以立即起飞; 如果尚未完成飞行准备, 则进一步完成飞行准备后起飞。在攻击机飞行过程中, 战区联合火力协调中心通过机载预警与控制系统直接指挥攻击机, 目标信息可在下一个周期得到更新, 使预定攻击线可根据目标信息的变化及时更新, 缩短了飞行时间^[8]。

2.2 联合火力打击中攻击机出动时间分析

由上文分析可知, 无论是协同性联合火力打击, 还是一体化联合火力打击中, 攻击机的出动过程都可以

分解为 7 个环节,首先对这 7 个环节分析如下:

t_{qb} ——侦察监视系统发现目标以及战区情报处理中心处理所需时间。侦察监视系统,如机载地面监视系统,发现目标后可立即将目标信息发送到战区联合情报处理中心,战区联合情报处理中心对信息进行处理、分类,然后提交给战区联合火力协调中心;假定所需要的平均时间是 20 min,最长为 1 h^[9-10]。

t_{zqjc} ——战区联合火力协调中心进行指挥决策所需时间。战区联合火力协调中心对于情报中心提供的情报进行阅读并抽取,并根据目标基本属性分配给相应的军种,估计这一环节的平均时间是 10 min,最长为 30 min。

t_{kjjc} ——战区空军司令部进行指挥决策所需时间。战区空军司令部指挥决策往往需要对比分析下属各地域合成指挥所及其航空兵的战备状态,因此这一环节的平均时间假定为 20 min,最长为 40 min。

t_{zhajc} ——空军地域合成指挥所进行决策所需时间。空军地域合成指挥所通常只需要几分钟就可以选定攻击机,平均为 3 min,最长为 5 min。

t_{zb} ——攻击机完成作战飞行准备所需时间。攻击机完成作战飞行准备的时间与其所处的战备等级有关,假定这一滞后时间平均为 5 min,最多 20 min。

t_{qf} ——攻击机滑行、起飞及编队所需时间。通常在编队飞行时会延长这一时间,因为随着作战任务增加,机组数量增多,由于飞机存在地面滑行时间,两架飞机共用同一跑道时又存在起飞间隔时间,假定这一滞后时间平均为 2 min,最多 15 min。

t_{fx} ——攻击机飞行预定攻击线所需时间。在协同性联合火力打击中,由于战区空军司令部需要尽快完成指挥决策,最终选择的很可能并不是飞行距离最短的攻击机;加之飞行过程中信息延时更长,可能存在预定攻击线调整延时,导致飞行距离增大;因此,飞行时间平均需要 10 min,最长为 20 min。而一体化联合火力打击中,飞行时间平均需要 8 min,最长需要 12 min。

根据分析,表 1 列出了协同性联合火力打击和一体化联合火力打击中完成各环节所需的期望(平均)时间以及最大时间。

表 1 联合火力打击中攻击机出动各环节的期望时间和最大时间

Tab. 1 Mean and max time of attacker's operation in JFA min

环节		t_{qb}	t_{zqjc}	t_{kjjc}	t_{zhajc}	t_{zb}	t_{qf}	t_{fx}
协同性	Mean	20	10	20	3	5	2	10
	Max	60	30	40	5	20	15	20
一体化	Mean	20	10	20	3	5	2	8
	Max	60	30	40	5	20	15	12

协同性联合火力打击中,从侦察监视系统发现目标到攻击机到达预定攻击线的 7 个环节为串联关系;而一体化联合火力打击中,这 7 个环节之间既有串联关系,也存在并联关系^[11]。因此,可以建立协同性联合火力打击中 t_{cd}^1 和一体化联合火力打击中 t_{cd}^2 的计算公式分别为

$$t_{cd}^1 = t_{qb} + t_{zqjc} + t_{kjjc} + t_{zhajc} + t_{zb} + t_{qf} + t_{fx} \quad (3)$$

$$t_{cd}^2 = t_{qb} + t_{zqjc} + \max(t_{kjjc} + t_{zhajc} + t_{zb}) + t_{qf} + t_{fx} \quad (4)$$

根据式(3)可以得到协同性联合火力打击中,攻击机出动时间的期望值和最大值分别为

$$t_{mean}^1 = \text{Mean}(t_{qb} + t_{zqjc} + t_{kjjc} + t_{zhajc} + t_{zb} + t_{qf} + t_{fx}) = 70 \text{ min}$$

$$t_{max}^1 = \text{Max}(t_{qb} + t_{zqjc} + t_{kjjc} + t_{zhajc} + t_{zb} + t_{qf} + t_{fx}) = 190 \text{ min}$$

根据式(4)可以得到一体化联合火力打击中,攻击机出动时间的期望值和最大值分别为

$$t_{mean}^2 = \text{Mean}[t_{qb} + t_{zqjc} + \text{Max}(t_{kjjc} + t_{zhajc} + t_{zb}) + t_{qf} + t_{fx}] = 60 \text{ min}$$

$$t_{max}^2 = \text{Max}[t_{qb} + t_{zqjc} + \text{Max}(t_{kjjc} + t_{zhajc} + t_{zb}) + t_{qf} + t_{fx}] = 147 \text{ min}$$

3 联合火力打击中攻击机及时出动的概率计算

3.1 攻击机出动时间与打击窗口的关系分析

由于攻击机是否及时出动的另一个重要影响因素是目标打击窗口的长度,一体化联合火力打击中,攻击机出动时间的最小期望值是 60 min,最大值是 147 min;而协同性联合火力打击中最小期望值是 70 min,最大

值是 190 min。因此,攻击机出动时间与打击窗口之间存在如下关系:①打击窗口 t_{ck} 小于 60 min 时,攻击机不可能及时出动,概率为 0;②打击窗口 $60 \leq t_{ck} \leq 70$ (min) 时,如图 1(a) 所示,一体化联合火力打击中,如果攻击机出动时间 $60 \leq t_{cd}^2 \leq t_{ck}$ (min) 则视为及时出动;而协同性联合火力打击中攻击机不可能及时出动;③打击窗口 $60 \leq t_{ck} \leq 147$ (min) 时,如图 1(b) 所示,一体化联合火力打击中,如果攻击机出动时间 $60 \leq t_{cd}^2 \leq t_{ck}$ 则视为攻击机及时出动;而协同性联合火力打击中,如果攻击机出动时间 $70 \leq t_{cd}^1 \leq t_{ck}$ (min),则视为攻击机及时出动;④打击窗口 $60 \leq t_{ck} \leq 190$ (min) 时,如图 1(c) 所示,一体化联合火力打击中,如果攻击机出动时间 $60 \leq t_{cd}^2 \leq t_{ck}$ (min) 则视为攻击机及时出动;而协同性联合火力打击中,如果攻击机出动时间 $70 \leq t_{cd}^1 \leq t_{ck}$ (min),则视为攻击机及时出动;⑤打击窗口 t_{ck} 大于 190 min 时,协同性和一体化联合火力打击中攻击机出动时间都小于打击窗口,因此可视为攻击机及时出动概率为 1。

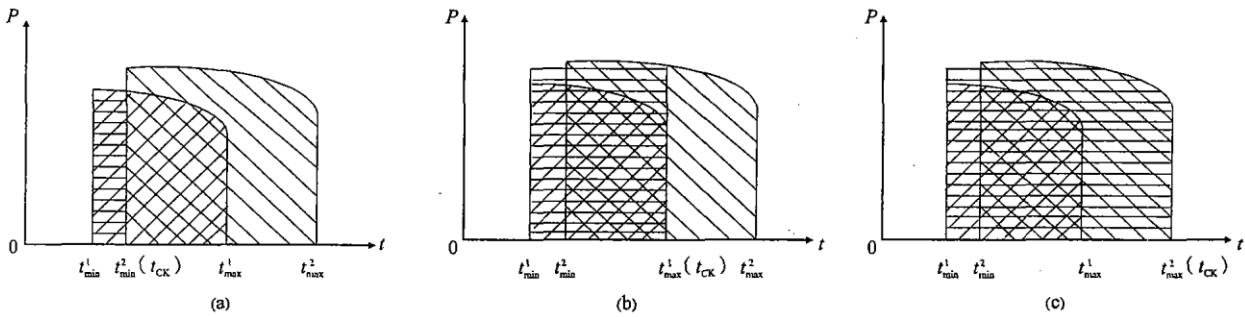


图1 攻击机出动时间与打击窗口的关系示意

Fig. 1 Relationship between Attacker's turn out time and attack windows

3.2 各种情况下攻击机及时出动概率的计算

根据上文分析,只需要对协同性联合火力打击和一体化联合火力打击中,攻击机出动时间与打击窗口之间关系为②、③、④等3种情况下,攻击机的及时出动概率进行计算。

对于关系②,由式(1)可得到协同性和一体化联合火力打击中攻击机及时出动的概率分别为

$$P_{cd}^1 = P^1(t_{ck} \geq t_{cd}) = 0$$

$$P_{cd}^2 = P^2(t_{ck} \geq t_{cd}) = \int_{60}^{70} f_{ck}(t_{ck}) P(60 \leq t_{cd} \leq t_{ck}) dt_{ck} = 38.6\%$$

对于关系③,同样可得到协同性和一体化联合火力打击中攻击机及时出动的概率分别为

$$P_{cd}^1 = P^1(t_{ck} \geq t_{cd}) = \int_{60}^{147} f_{ck}(t_{ck}) P(70 \leq t_{cd} \leq t_{ck}) dt_{ck} = 44.3\%$$

$$P_{cd}^2 = P^2(t_{ck} \geq t_{cd}) = \int_{60}^{147} f_{ck}(t_{ck}) P(60 \leq t_{cd} \leq t_{ck}) dt_{ck} = 50\%$$

对于关系④,可得到协同性和一体化联合火力打击中攻击机及时出动的概率分别为

$$P_{cd}^1 = P^1(t_{ck} \geq t_{cd}) = \int_{60}^{190} f_{ck}(t_{ck}) P(70 \leq t_{cd} \leq t_{ck}) dt_{ck} = 49\%$$

$$P_{cd}^2 = P^2(t_{ck} \geq t_{cd}) = \int_{60}^{190} f_{ck}(t_{ck}) P(60 \leq t_{cd} \leq t_{ck}) dt_{ck} = 54.7\%$$

4 结束语

打击时敏目标的任务通常由攻击机遂行,而攻击机及时出动概率很大程度上决定了其能否顺利完成打击任务。本文系统分析了协同式联合火力打击和一体化联合火力打击中攻击机作战过程,得到了其出动时间的期望值和最大值,并基于出动时间与打击窗口的关系,分别计算了多种情况下攻击机及时出动的概率。研究结果对于攻击机遂行时敏目标打击任务具有一定的指导意义。联合火力打击中攻击机作战过程环节众多、关系复杂,各环节时间存在很大的不确定性,由于篇幅所限,本文只是进行了简要分析和假设,并不代表实际作战所需时间。

参考文献:

- [1] FM90 - 36, MCRP3 - 16. 1F, NWP2 - 01. 11, AFJPAM10 - 225, 1997. The Joint Targeting Process and Procedures for Targeting Time - Critical Targets[S].
- [2] FM3 - 60. 1, MCRP3 - 16D, NTTP3 - 60. 1, AFTTP(I)3 - 2. 3, 2004. Multi - Service Tactics, Techniques, and Procedures for Targeting Time - Sensitive Targets[S].
- [3] 徐浩军, 魏贤智. 作战航空综合体及其效能[M]. 北京: 国防工业出版社, 2006.
XU Haojun, WEI Xianzhi. Combat Navigation Synthesis and Efficiency[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2006. (in Chinese)
- [4] 阳曙光, 李为民. 联合火力打击指挥控制模式分析: 2006 年全国博士生(军事学)学术论坛论文集[C]. 北京: 国防大学出版社, 2006.
YANG Shuguang, LI Weiming. Analysis on Command and Control Pattern in Joint Fire Attack: 2006 Doctoral Forum(Strategy)[C]. Beijing: National Defense University Press, 2006. (in Chinese)
- [5] 阳曙光, 时 剑. 联合火力打击系统集成理论研究[J], 空军工程大学学报: 军事科学版, 2007, 7(1): 81 - 84.
YANG Shuguang, SHI Jian. Research on System Integration of Joint Fire Attack[J]. Journal of Air Force Engineering University: Military Science Edition, 2007, 7(1): 81 - 84. (in Chinese)
- [6] 阳曙光, 张 琳. 国外机载地面监视系统的现状及发展趋势[J]. 飞航导弹, 2006, 12(6): 13 - 17.
YANG Shuguang, ZHANG Ling. Present State and Perspectives of Airborne Ground Surveillance System[J]. Winged Missiles Journal, 2006, 12(6): 13 - 17. (in Chinese)
- [7] FM90 - 21, MCRP3 - 23A, NWP3 - 01. 03, AFTTP(I)3 - 2. 10, 1998. Multiservice Procedures for Joint Air Attack Team Operations[S].
- [8] FM3 - 55. 6, MCRP2 - 1E, NTTP3 - 55. 13, AFTTP(I)3 - 2. 2, 2003. Multi - Service Tactics, Techniques, and Procedures for the JSTARS[S].
- [9] Walt C Petty. Measures of Effectiveness for the Information - age Navy: The Effects of Network - Centric Operations on Combat Outcomes[R], RAND, 2002.
- [10] 费爱国, 王新辉. 网络中心战的效能度量[M]. 北京: 军事科学出版社, 2004.
FEI Aiguo, WANG Xinhui. Measures of Effectiveness for the Information - Age Navy[M]. Beijing: Military Science Press, 2006. (in Chinese)
- [11] David S, Alberts, Hayes R E. Understanding Command and Control[R]. CCRP Publication Series, 2006.

(编辑: 田新华)

Analysis of Attacker's Timely Turn - out Probability in Joint Fire Attack

YANG Shu - guang¹, OU YANG Cai - chao², LI Wei - min¹

(1. Missile Institute, Air Force Engineering University, Sanyuan 713800, China; 2. Artillery Academy of PLA, Hefei 230133, China)

Abstract: When the attacker attacks the time - critical targets, the timely turn - out probability is the most critical factor that influences the success rate. First, the timely turn - out operation is defined, and calculating formula for counting probability is derived. Secondly, the operation process of cooperative joint fire attack and attacker's operation process in integrative operation are analysed; the expected value and the maximum value of the turn - out time are gained. Finally, based on analysing the relationship between attacker's turn - out time and attack window, the timely turn - out probabilities under various conditions are calculated. The result of this research is useful in carrying out operations of attacking the critical targets.

Key words: joint fire attack; time critical target; attacker; probability